

试 卷 十 九

2004 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目：金属学原理

适用专业：材料科学与工程

一、名词解释 (5 分 × 8)

1. 金属玻璃 2. 金属间化合物 3. 离异共晶 4. 晶界偏聚 5. 科垂尔气团 (Cottrell Atmosphere) 6. 孪生 7. 反应扩散 8. 变形织构

二、问答题

1. (10 分) 标出图 19-1 所示 HCP 晶胞中晶面 $ABCDEF$ 面、 ABO' 面的晶面指数, OC 方向、 OC' 方向的晶向指数。这些晶面与晶向中, 哪些可构成滑移系? 指出最容易产生滑移的滑移系。

2. (10 分) 判断 $\frac{a}{6}[2\bar{1}\bar{1}] + \frac{a}{6}[\bar{1}21] \rightarrow \frac{a}{6}[110]$ 位错反应在面心立方晶体中能否进行? 若两个扩展位错的领先位错发生上述反应, 会对面心立方金属性能有何影响?

3. (10 分) 写出非稳态扩散方程的表达式, 说明影响方程中扩散系数的主要因素。

4. (10 分) 指出影响冷变形后金属再结晶温度的主要因素。要获得尺寸细小的再结晶晶粒, 有哪些主要措施, 为什么?

5. (15 分) 试述针对工业纯铝、Al-5% Cu 合金、Al-5% Al_2O_3 复合材料分别可能采用哪些主要的强化机制来进行强化。

6. (15 分) 请在图 19-2 所示的 Pb-Bi-Sn 相图中:

(1) 写出三相平衡和四相平衡反应式;

(2) 标出成分为 5% Pb、65% Bi 与 30% Sn 合金所在位置, 写出该合金凝固结晶过程, 画出并说明其在室温下的组织示意图。

7. (20 分) Cu-Sn 合金相图局部如图 19-3 所示。

(1) 写出相图中三条水平线的反应式, 并画出 T_1 温度下的成分-自由能曲线示意图;

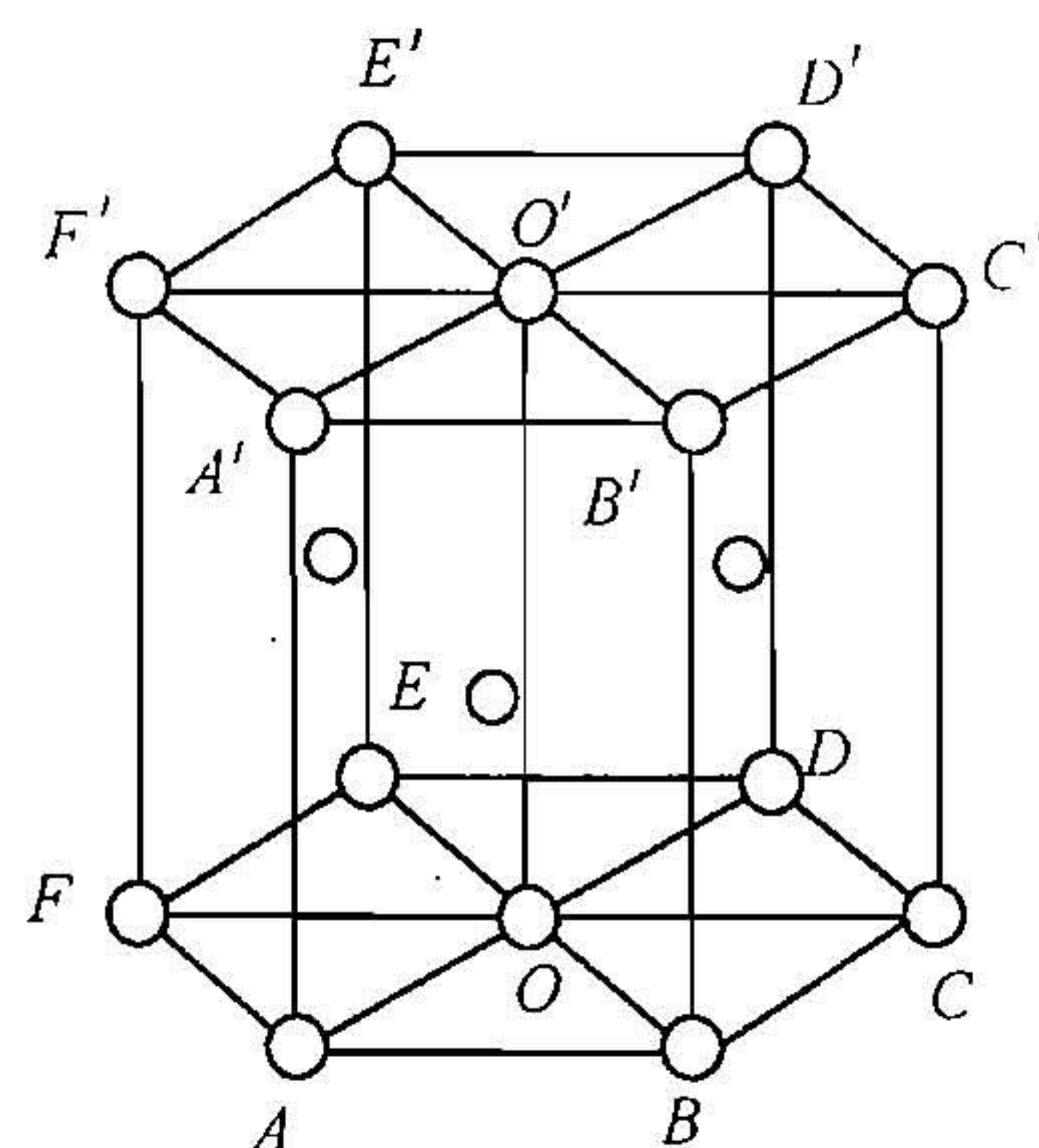


图 19-1 第二题第 1 小题图

(2) 说明 Cu-10wt% Sn 合金平衡和非平衡凝固过程，分别画出室温下组织示意图；

(3) 非平衡凝固对 Cu-5wt% Sn 合金的组织性能有何影响，如何消除？

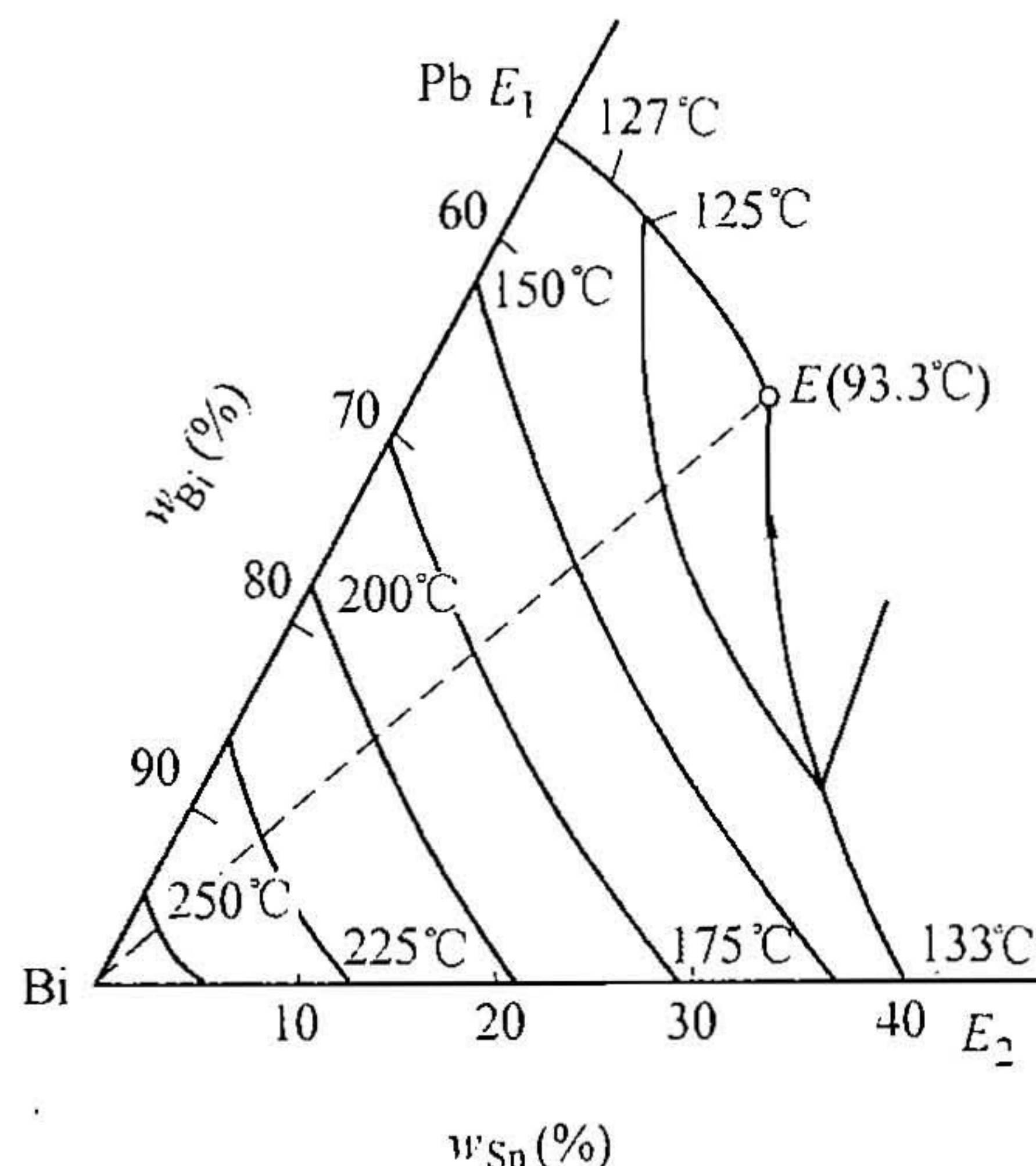


图 19-2 第二题第 6 小题图

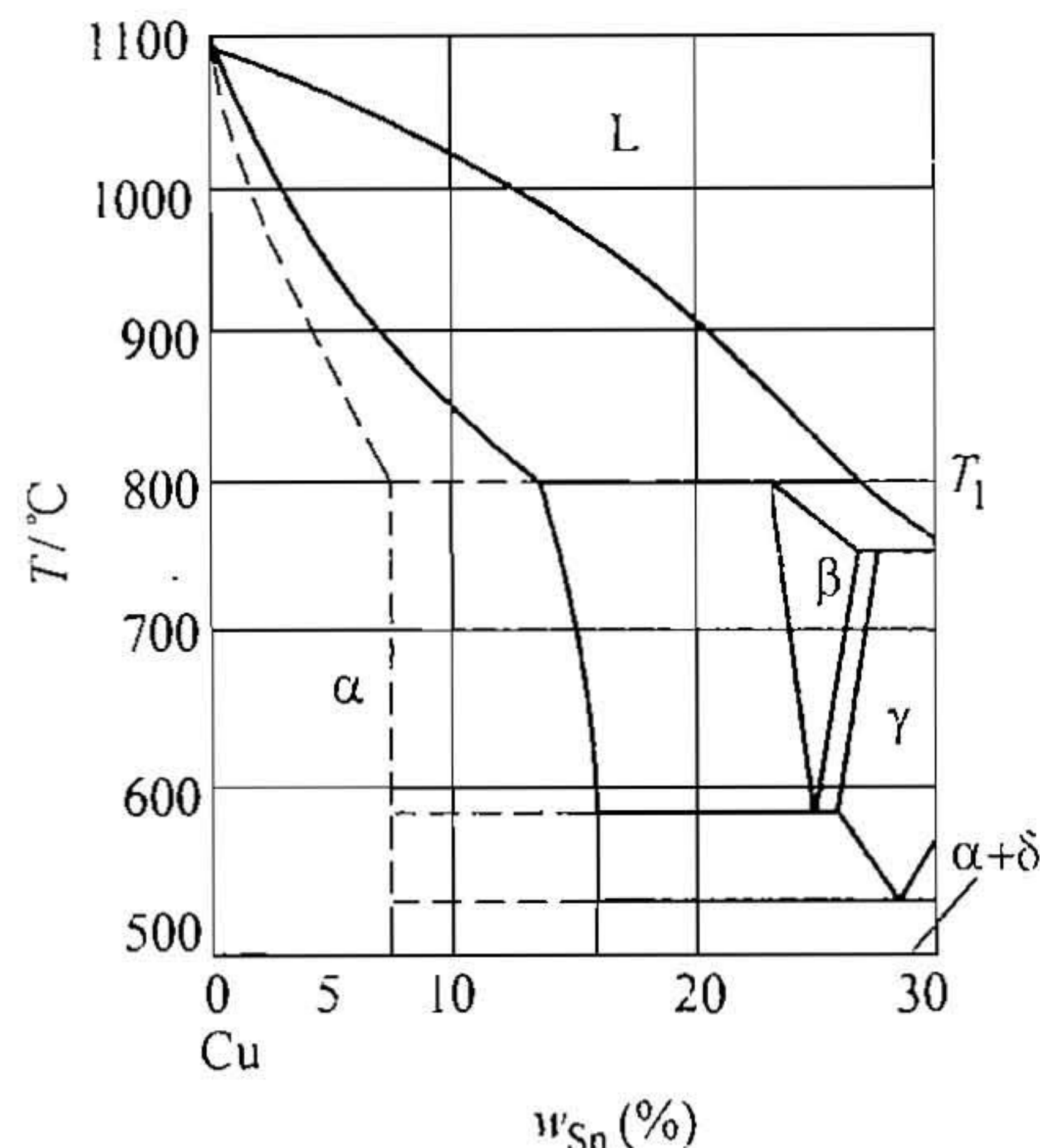


图 19-3 第二题第 7 小题图

8. (20分) 低层错能的工业纯铜铸锭采用 $T = 0.5 T_{\text{熔点}}$ 温度热加工开坯轧制。

(1) 画出该材料分别在高、低应变速率下热加工时的真应力-真应变曲线示意图，并说明影响曲线变化的各种作用机制。

(2) 开坯后该金属在室温下继续进行轧制，画出此时的真应力-真应变曲线示意图，并说明影响曲线变化的机制。

(3) 开坯后该金属要获得硬态、半硬态和软态制品，最后工序中可采用哪些方法，为什么？

标准答案

一、

1. 金属玻璃：指金属从液态凝固后其结构与液态金属相同的固体。

2. 金属间化合物：金属与金属、金属与某些非金属之间形成的化合物，结构与组成金属间化合物的纯金属不同，一般具有熔点高、硬度高、脆性大的特点。

3. 离异共晶：有共晶反应的合金中，如果成分离共晶点较远，由于初晶数量多，共晶数量很少，共晶中与初晶相同的相依附初晶长大，共晶中另外一个相呈现单独分布，使得共晶组织失去其特有组织特征的现象。

4. 晶界偏聚：由于晶内与晶界上的畸变能差别或由于空位的存在使得溶质原

子或杂质原子在晶界上的富集现象。

5. 科垂尔气团：溶质原子在刃型位错周围的聚集的现象，这种气团可以阻碍位错运动，产生固溶强化效应等结果。

6. 孪生：是晶体塑性变形的一种重要方式，晶体在切应力作用下，晶体的一部分沿着一定的晶面和晶向相对于另一部分晶体作均匀切变，使得相邻部分晶体取向不同，并以切变晶面（孪晶面）成镜面对称。

7. 反应扩散：伴随有化学反应而形成新相的扩散称为反应扩散，如从金属表面向内部渗入金属时，渗入元素浓度超过溶解度出现新相。

8. 变形织构：经过塑性变形后原来多晶体中位向不同的晶粒变成取向基本一致，形成晶粒的择优取向，择优取向后的晶体结构为织构，若织构是在塑性变形中产生的，称为变形织构。

二、

1. $ABCDEF$ 面的晶面指数为 (0001) 或 (001) ； ABO' 面的晶面指数为 $(10\bar{1}1)$ ； OC 方向的晶向指数为 $[\bar{1}2\bar{1}0]$ 或 $[010]$ ； OC' 方向的晶向指数为 $[\bar{1}2\bar{1}3]$ 或 $[011]$ ； (0001) 与 $[\bar{1}2\bar{1}0]$ 、 $(10\bar{1}1)$ 与 $[\bar{1}2\bar{1}0]$ 可构成滑移系；其中滑移系 $(0001)[\bar{1}2\bar{1}0]$ 容易产生滑移。

2. 参照几何条件和能量条件要求，位错反应可以进行；反应后位错不可动，影响晶体的加工硬化机制和断裂性能。

3. 非稳态扩散方程的表达式为：

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial \left(D \frac{\partial c}{\partial x} \right)}{\partial x}$$

若扩散系数 D 不随浓度变化，则可以简化为：

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$

影响方程中扩散系数的主要因素有温度、晶体结构、晶体缺陷、固溶体类型、扩散元素性质、扩散组元浓度等。

4. 影响冷变形后金属再结晶温度的主要因素有：变形程度、微量杂质和合金元素、金属晶粒度、加热时间、加热速度；要获得尺寸细小的再结晶晶粒主要措施有：加大冷变形程度，加入微量合金元素，提高加热速度，采用细晶粒金属。

5. 对工业纯铝主要的强化机制为加工硬化、细晶强化；Al-5% Cu 合金的强化机制为固溶强化、沉淀强化、加工硬化、细晶强化；Al-5% Al_2O_3 复合材料的强化机制为加工硬化、细晶强化、弥散强化。

6.

(1) 三相平衡反应式: E_2E 线: $L \rightarrow \text{Bi} + \text{Sn}$; E_1E 线: $L \rightarrow \text{Bi} + \text{Pb}$; E 点为四相平衡, 其反应式为 $L \rightarrow \text{Bi} + \text{Sn} + \text{Pb}$ 。

(2) 合金所在位置 (略); 该合金凝固过程为: 析出初晶 $L \rightarrow \text{Bi}$, 剩余液相析出二元共晶, $L \rightarrow \text{Bi} + \text{Sn}$, 再从多余液相中析出三元共晶 $L \rightarrow \text{Bi} + \text{Sn} + \text{Pb}$; 室温下的组织为 $\text{Bi}_{\text{初晶}} + (\text{Bi} + \text{Sn})_{\text{二元共晶}} + (\text{Bi} + \text{Sn} + \text{Pb})_{\text{三元共晶}}$, 室温下的组织示意图 (略, Bi 初晶为块状, 二元共晶和三元共晶以点表示即可)。

7.

(1) 相图中三条水平线的反应式 (温度由高到低): 包晶反应: $L + \alpha \rightarrow \beta$, 共析反应 $\beta \rightarrow \alpha + \gamma$, 共析反应 $\gamma \rightarrow \alpha + \delta$; T_1 温度下的成分-自由能曲线示意图如图 19-4 所示。

(2) Cu-10wt\%Sn 合金平衡凝固过程: 析出初晶 α , 凝固后得到单相固溶体 α 。

Cu-10wt\%Sn 合金非平衡凝固过程: 析出初晶 α , 发生包晶反应 $L + \alpha \rightarrow \beta$ 形成 β , β 分布在 α 枝晶间隙, 随后还发生共析反应 $\beta \rightarrow \alpha + \gamma$ 和 $\gamma \rightarrow \alpha + \delta$, 最后形成 α 枝晶之间分布有块状 δ 或 $(\alpha + \delta)$ 共析体; 室温下组织示意图 (略)。

(3) Cu-10wt\%Sn 合金非平衡凝固时由于溶质原子再分配而产生枝晶偏析; 造成合金铸锭强度低、加工塑性差, 枝晶偏析还使合金耐腐蚀性能降低; 消除枝晶偏析可以采用将铸锭在略低于固相线温度长时间均匀化退火。

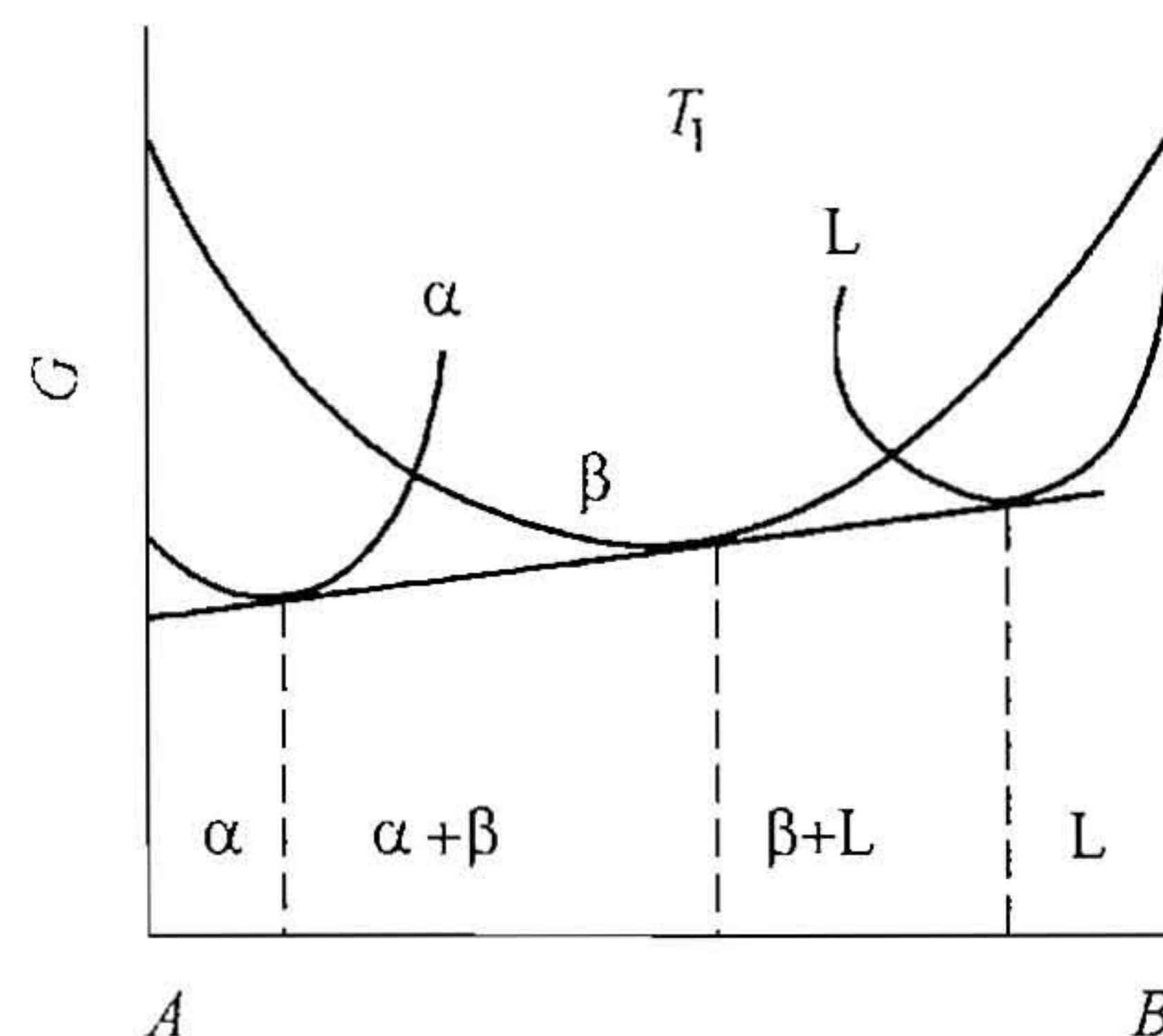


图 19-4 第二题第 7 小题
第 (1) 题解答图

8.

(1) 该材料热加工时的真应力-真应变曲线示意图 (略)。(注意曲线中均应有应力峰值, 在高应变速率下出现应力峰值后曲线基本水平, 在低应变速率下出现应力峰值后曲线呈波浪。)

高应变速率下曲线分三个阶段: 未发生动态再结晶的加工硬化阶段, 动态再结晶加剧阶段, 完全动态再结晶阶段 (此时加工硬化与再结晶软化达到平衡, 曲线接近水平, 达到稳态流变阶段)。

低应变速率下完全动态再结晶阶段呈波浪形, 是反复动态再结晶软化——加工硬化——动态再结晶软化交替进行的结果。

(2) 开坯后金属在室温下继续进行轧制的真应力-真应变曲线示意图 (略); 真应力-真应变曲线一直上升, 直至断裂, 主要机制为加工硬化。

(3) 开坯后要获得硬态金属, 可以进行冷加工, 机制为加工硬化; 获得软态制品, 可采用冷加工后再结晶退火; 获得半硬态制品, 可采用冷加工后回复退火, 或者完全再结晶退火后适当冷变形。